

Braunschweigische
Wissenschaftliche Gesellschaft

Jahrbuch 2015

Sonderdruck
Seiten 268–276



J. CRAMER Verlag · Braunschweig
2016

Ein neurobiologischer Versuch, den Schleier der Erinnerung zu lüften*

MARTIN KORTE

Zoologisches Institut der TU Braunschweig, Abt. Molekulare Zellbiologie
Spiemannstr. 7, D-38106 Braunschweig, E-Mail: m.korte@tu-braunschweig.de

Wir sind, was wir geworden sind. Aber nicht nur wir als Personen, sondern noch genereller kann man sagen, dass das Leben selbst in vielerlei Hinsicht auf Erinnerung an Vergangenes beruht. Genetisches, neuronales und kulturelles Gedächtnis formen Spezies, ebenso wie Kulturen und eben auch Individuen. Das elementarste und allen Leben eigene Gedächtnis ist hierbei das genetische. Schon im Körperbau eines Lebewesens zeigen sich viele Anpassungen, die im Laufe der Evolution entstanden sind. Entsprechend sind solche Anpassungen natürlich auch im Aufbau und in den biochemischen Vorgängen eines jeden Nervensystems zu finden. Einige Eigenschaften des Gehirns sind bereits zum Zeitpunkt der Geburt angelegt oder durch genetische Programme vorprogrammiert. Um aber innerhalb einer sich wandelnden Umwelt besser zu überleben, haben Tiere die Fähigkeit entwickelt, Verhaltensweisen im Laufe ihres Lebens abzuändern und an neue Situationen anzupassen und zwar aufgrund von individueller Erfahrung. Lernen kann also definiert werden als eine erfahrungsabhängige Generierung von andauernden, internen Repräsentationen - andauernd meint hier wenige Sekunden bis viele Jahrzehnte. Gedächtnis ist die Erhaltung dieser internen Repräsentationen, Erinnern demnach das Benutzen dieses Informationsspeichers in neuronalen und verhaltensbezogenen Operationen. Bei uns Menschen sind Effektivität und Kapazität von Lern- und Gedächtnisvorgängen besonders stark ausgeprägt und halten bis in das hohe Lebensalter hin an. Unsere diesbezüglichen Fähigkeiten sind neben unserer Sprache die Grundlage und Voraussetzung unserer Kultur und unserer individuellen Persönlichkeit – Erinnerungen definieren wer wir sind.

Die Mechanismen von Lernen, Gedächtnis und Erinnern nicht verstanden zu haben, hieße deshalb auch etwas Elementares über uns selbst nicht zu verstehen. Lernen und Gedächtnis sind hierbei essentielle Komponenten jeder kognitiven

* Der Vortrag wurde am 08.05.2015 beim Carl-Friedrich-Gauß-Kolloquium anlässlich der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

Leistung und das Gehirn muss hierbei eine ungeheuer komplizierte Aufgabe erfüllen, da es nicht nur den kontinuierlichen Fluss an Sinnesinformationen verarbeiten muss, sondern es muss zur gleichen Zeit in der Lage sein, Erinnerungen, zum Teil für ein Leben lang, zu speichern oder abzurufen.

Erinnerungsprozesse hierbei nur aus einer objektivierbaren neurowissenschaftlichen Brille zu betrachten, würde allerdings zu kurz greifen. Zwar gilt in der Tat, dass der Mensch natürlich Fleisch und Blut, aufrechter Gang, Leber und Gehirn ist, auf der anderen Seite sind unsere Erinnerungen auch voller Leidenschaft, Freude, Angst, Zweifel, Liebe; natürlich sind diese Erinnerungen manchmal auch grausam, emphatisch, stumpfsinnig, oder klug – und offensichtlich meint hier „natürlich“ nicht „Natur“, sondern es ist klar, dass der Mensch vor allem ein Kulturwesen ist – im Guten wie im Schlechten im Übrigen. Und diese Kultur basiert auf der Fähigkeit ein Leben lang zu lernen und das Gelernte zu erinnern – und dafür benötigen wir ein Gehirn, dessen Nervenzellen unser Denken ermöglichen und welche es dem Menschen erlauben, ein autobiografisches Gedächtnis zu haben. Evolutiv betrachtet ist das Hauptcharakteristikum der Spezies Mensch unsere Fähigkeit, ein so überragendes Gedächtnis zu haben und erst das macht uns zu einem Kulturwesen. Erinnerungen zu haben und anhand des Gelernten eine Zukunft zu planen, vorherzusehen, überhaupt anzuvisieren, oder die Vergangenheit zu interpretieren und sich selbst im gedanklichen Spiegel zu sehen, ist ein, wenn nicht das, wichtigste Arkanum menschlicher Existenz. Erinnerungen sind nur ein Blitz inmitten einer langen Nacht. Aber dieser Blitz ist alles. Und diese Erinnerungen haben in erster Linie einen Inhalt und erst in zweiter Linie ein neuronales Korrelat, und natürlich sind all das keine Antworten auf die Frage, wie der Mensch erinnert, sondern nur Gedanken eines Neurobiologen entlang dieser Frage.

1. Der Charakter unseres Gedächtnisses

Zu den elementaren Eigenschaften unseres Gedächtnisses gehört das Faktum, dass wir Erinnerungen an Episoden, die gerade stattfinden, nicht loslösen können von solchen, die vor längerer Zeit passiert sind. Das hängt damit zusammen, dass jede Erfahrung in Netzwerken des Gehirns gespeichert wird, und zwar in solchen, deren Verbindungen bei früheren Auseinandersetzungen mit der Welt angelegt und beeinflusst wurden. Dieses bereits in Form von Nervenzell-Netzwerken (und deren Stärken) kodierte Wissen, beeinflusst wiederum, wie wir neue Erlebnisse kodieren und abspeichern. Damit prägen alte Erinnerungen die Textur dessen, was wir aktuell erleben und woran wir uns später erinnern. Aber auch Aktuelles, also z.B. das Wiedererzählen einer Begebenheit, verändert die ursprünglichen neuronalen Netze durch die momentane Netzwerk-Aktivität, so dass sich aktuelle Gefühlsregungen in die erlebten Geschehnisse (und damit die neuronalen Korrelate) einschleichen können.

Gedächtnisforscher sind sich einig, dass unser Gehirn nicht wie ein Filmprojektor oder Kopierer arbeitet, von daher sind die oben beschriebenen Ergebnisse nicht überraschend. Psychologen wie der Amerikaner Ulric Neisser meinen, dass im Gedächtnisspeicher unseres Gehirns immer nur kleinste Bruchstücke der eintreffenden Sinnesdaten festgehalten werden. Aus diesen rekonstruieren wir, erschaffen wir erst ein vergangenes Ereignis.

Es bleibt die Frage, welche Erlebnisaspekte bleiben im Gedächtnis haften? Und wäre es wirklich von Vorteil, wenn wir alles erinnern könnten? Um sich effektiv in unserer Welt zurechtzufinden, bedarf es nicht nur eines guten Gedächtnisses, sondern auch des klugen Vergessens und Aussortierens von Abgespeichertem. Aus Informationen sinnvolles Wissen zu machen, bedeutet, eine Auswahl zu treffen statt beliebig viele Informationen zu speichern. Eine Bildszene etwa muss man in vertretbarer Zeit analysieren können, und dies gelingt nur, indem man sich auf einige wenige Dinge konzentriert und andere Details weglässt oder übersieht. Ohne eine selektive Sinnesverarbeitung, ohne eine selektive Aufmerksamkeit, aber auch ohne ein selektives Gedächtnis, das wir oft als schlecht bezeichnen, ist niemand imstande, aus der Flut von Informationen, mit der wir ständig konfrontiert sind, einen Sinn zu erschließen. Vergessen ist keine Fehlentwicklung unseres Gedächtnisses, sondern ein integraler Bestandteil, was nicht bedeuten soll, dass wir im Alter den Kampf gegen das Vergessen verloren geben sollten, nur weil es immer schwieriger wird. Aber es erinnert daran, dass die Selektivität des Gedächtnisses auch seinen evolutiven Sinn hat. Und im Alter ist es wichtiger, aus dem riesigen Wissensschatz, den man angehäuft hat, zu schöpfen, als ständig völlig Neues zu lernen. So frustrierend das Vergessen ist, es ist eine adaptive Eigenschaft unseres Gedächtnisses. „Wenn wir alle Erlebnisse und Eindrücke, die wir je gehabt haben, dauerhaft abspeichern würden, wäre unser Gehirn ein Äquivalent zu Pompeji. Denn Bröckchen nützlichen Wissens lägen unter riesigen Mengen nutzloser Informationen quasi vergraben - informationeller Müll.“ E. Goldberg, Neurologe

Die Erforschung der neurobiologischen Grundlagen des menschlichen Lernens und Lehrens erstrecken sich hierbei über mehrere Bereiche: zum einen wird die Evolution von Lern- und Gedächtnisvorgängen untersucht (Phylogenie), hier geht es vor allem um die Frage, welche Hirnstrukturen haben sich im Laufe der Evolution unter welchen Bedingungen und welchen Anpassungsprozessen entwickelt. Vor allem geht es um die Frage, ob menschliche Lernformen und Lernwege sich graduell oder in Sprüngen durch bestimmte emergente Eigenschaften entwickelt haben; zum anderen wird die Ontogenese eines Individuum untersucht, also wie entwickelt sich ein kindliches Gehirn bis zu einem Zustand, wo es selbstbestimmt lernt, und wie verläuft diese Entwicklung, wann kann ein Mensch oder ein Tier was am besten mit welchen Gehirnstrukturen lernen? Weiter stellt sich die Frage, wie man menschliches Lernen als Zustand eigener mentaler Phänomenen adäquat beschreiben kann. Hierbei kann eine empirische Wissenschaft wie die Neurobiologie einen Beitrag zur Erforschung des Lernens insofern leisten, als dass

sie a) versucht aufzuzeigen, wie die entsprechenden Phänomene bei Menschen realisiert sind (neuronale Basis); b) fruchtbare Anwendung von Begrifflichkeiten, Operationalisierung, ermöglicht.

Weiter seien auch einige Fakten und Hypothesen zur Neurobiologie und Psychologie des Lernens, wie man sie aus heutiger Sicht formulieren kann, aufgeführt: Man kann einige Aspekte von Lernvorgängen korrelieren mit der Aktivität spezifischer Hirngebiete und man kann erwarten, dass es eine Neuroanatomie von Lernvorgängen geben wird, so wie es eine funktionelle Neuroanatomie des Sehsystems des Gehirns gibt (das man das neurobiologisch mittlerweile gut abbilden kann, das hat übrigens weder Kunstgeschichte noch Ästhetik als Fächer überflüssig gemacht).

2. Gedächtnissysteme

Wir verwenden „Gedächtnis“ häufig genauso monolithisch, wie die Begriffe „Arm“ oder „Fuss“. Richtig ist aber, wir haben verschiedene Gedächtnissysteme, deren unterschiedliche Funktionen von verschiedenen Gehirnarealen vermittelt werden, und diese altern äußerst unterschiedlich. „Das“ Gedächtnis existiert nicht. Stattdessen gibt es verschiedene Gedächtnissysteme, die sich nach zeitlichen oder funktionellen Kriterien unterteilen lassen. Ihnen allen gemeinsam ist, das Vergangene in unserem Nervensystem festzuhalten. Im Kontext der verschiedenen Gedächtnissysteme unterscheidet man zwischen Arbeitsgedächtnis sowie implizitem und explizitem Gedächtnis.

Das explizite (oder auch deklarative) Gedächtnis speichert alles, was man in Worten ausdrücken kann, etwa Erinnerungen an einen Urlaub oder Faktenwissen (mathematische Formeln, Namen von Hauptstädten, Tier- und Pflanzennamen). Das Arbeitsgedächtnis umfasst das Kurzzeitgedächtnis, den visuellen und den sprachlichen Notizblock. Zum impliziten Gedächtnis gehört zum einen das Gedächtnis für Bewegungsabläufe und für unbewusste Erinnerungen, Routinen und alle gewohnheitsmäßigen Kenntnisse, erlernte oder imitierte Reaktionen (prozedurales Gedächtnis); sowie das Wahrnehmungsgedächtnis (Priming), denen gemeinsam ist, dass sie weitgehend unbewusst sind und sich oft nur schwer in Worte fassen lassen. Gemeinhin denken wir bei Gedächtnis vor allem an das explizite (deklarative) Gedächtnis, also persönliche Erinnerungen, Faktenwissen (Wie heißt die Hauptstadt von Paris?) und singuläres Wissen (Wie heißt noch mal unser Heizungsmonteur?). Dies macht aber nur einen Bruchteil unseres Gedächtnisses aus. Der weitaus größere Teil dessen, was wir im Leben gelernt haben, sind generische Erinnerungen, also solche die auf Mustererkennungsprozessen beruhen, sowie Regeln und Muster von Problemlösestrategien, die zum Fakten- und autobiographischem Gedächtnis gehören. Bemühen wir zur besseren Veranschaulichung die Computermetapher: Wäre unser gesamtes Gedächtnis auf einer Festplatte gespeichert, wäre das generische Gedächtnis gleichzusetzen mit den dort abgespeicherten

Programmen. Hier sind also die Erinnerungen abgelegt, wie z.B. eine Tätigkeit ausgeführt wird. Dem singulären, expliziten Gedächtnis entsprechen die Dateien, auf denen Informationen darüber hinterlegt sind, was wir erlebt haben, was wir wissen und wer wir sind. Diese singulären, expliziten Gedächtnisinhalte werden durch Alterungsprozesse stärker in Mitleidenschaft gezogen. Es fällt uns schwerer, mit der gleichen Präzision wie in jungen Jahren konkrete Fakten abzurufen, und es fällt schwerer, neue, präzise Fakten abzuspeichern. Der vergleichsweise riesige Schatz an generischem Wissen über die Welt bleibt jedoch unbeschadet erhalten, ja es fällt uns meist nicht mal auf, wie gut im gesunden (alternden) Gehirn diese Form des Gedächtnisses arbeitet, denn sie tut es meist im Verborgenen, da es sich um Routinen, Automatismen oder das Wahrnehmungsgedächtnis handelt. Innerhalb des expliziten Gedächtnisses (auch deklaratives Gedächtnis genannt) unterscheidet man zwei Untertypen: Das autobiographische Gedächtnis, in dem Ereignisse aus unserem Leben gespeichert werden, also Informationen darüber, wann etwas mit wem und wo geschah (Quellengedächtnis). Und andererseits das Faktengedächtnis (Wissenssystem oder auch semantisches Gedächtnis), das unser Wissen über die Welt umfasst – klassisches Schulwissen, generelle Zusammenhänge oder semantisch-grammatikalische Kenntnisse. Das Erlernen neuer Fakten oder die Abspeicherung von erlebten Begebenheiten findet in den sogenannten Papez'schen Schaltkreisen der linken und rechten Hemisphäre statt. Zu diesem funktionalen Schaltkreis, der in vielerlei Hinsicht mitbestimmt, wer wir sind und wer wir werden, was wir erinnern und was wir vergessen, besteht aus dem Hippokampus und dem vorderen Teil der Cingulums, sowie aus Thalamus und Mammilarkörpern, die tief im Inneren des Gehirns liegen. Hier gibt es jetzt auch eine weitere Funktionseinteilung nach linker und rechter Hemisphäre: Der linke Papez-Kreis (bei Rechtshändern) dient der Speicherung von Informationen, die durch Sprache kodiert werden; während der rechte für räumliche Informationen und Beziehungen zwischen Gegenständen entscheidend ist.

Unabhängig von diesen Gedächtnissystemen und der ihnen zugrunde liegenden Strukturen existieren zwei weitere implizite Gedächtnissysteme: das prozedurale Gedächtnis und das sogenannte Priming, zu dem häufig auch das Wahrnehmungsgedächtnis gerechnet wird. Zum prozeduralen oder auch mechanischen Gedächtnis gehören Fähigkeiten wie Rad- oder Skifahren, Saxophon- oder Klavierspielen, überhaupt alles was, mit automatisierten Routinen, dem erlernten Know-how, Gewohnheiten und Abläufen in Zusammenhang steht. Auch Lesen ist eine Fähigkeit des impliziten Gedächtnisses: Wir wissen nicht, wie wir es machen, aber wir haben es mühsam erlernen müssen.

Das Priming-Gedächtnis, das bereits bei Kleinkindern ausgebildet ist, könnte man in Ermangelung eines deutschen Wortes so beschreiben: Hat man das Prinzip erst einmal verstanden, lassen sich vergleichbare Aufgaben leichter lernen. Zu dieser Lernform gehört etwa die Einordnung von Erlebnissen aufgrund von früheren, vergleichbaren Ereignissen ebenso wie das schnelle Erkennen von Reizmustern,

die man schon einmal zu einem früheren Zeitpunkt wahrgenommen hat (Wahrnehmungsgedächtnis). So kann ein Kind, wenn es einmal gelernt hat, wie die abstrakte Form eines Fisches aussieht, auch einen ihm unbekannten Fisch schnell dieser Tiergruppe zuordnen. Zu dieser Lern- und Gedächtnisform gehört nicht zuletzt der Umstand, dass wir unbewusst andere nachahmen. Wie viele höhere Säugetiere sind Menschen Meister im Nachahmen. Verantwortlich für diese außerordentlich stark ausgeprägte Form des Lernens sind sogenannte Spiegelneurone in der Großhirnrinde. Spiegelneurone sind Nervenzellen, die nicht nur aktiv sind, wenn man selbst eine Bewegung ausführt, sondern auch wenn unser Gegenüber die eine gleiche Bewegung ausführt und man selbst nur passiver Zuschauer ist. Dieses System scheint umso besser zu funktionieren, je vertrauter man mit einer Person ist und je stärker wir eine Person akzeptieren und als authentisch erleben. Soziale Vereinsamung kann dazu beitragen, dass die Fähigkeit der Spiegelneurone sich in andere Menschen hineinzusetzen, verkümmert, was es einem dann immer schwerer macht, in sozialen Kontexten zu operieren und sich wohl zu fühlen. Die Spirale der sozialen Vereinsamung nimmt ihren Lauf, wenn die Spiegelneurone nicht „in Übung“ bleiben. Das Priming hängt vor allem von den Funktionen der Großhirnrinde ab und zeigt kaum Alterungserscheinungen. Nicht funktionieren des Priming ist aber eines der Diagnosekriterien bei Alzheimer-Patienten. Im Unterschied dazu ist der Hippokampus als entscheidende Struktur des expliziten Gedächtnisses stärker von Alterungsprozessen betroffen. Zusammen mit Teilen des Stirnlappens ist der Hippokampus verantwortlich für das Quellengedächtnis, welches sich als letzte Fähigkeit unserer vielfältigen Gedächtnisleistungen entwickelt. Der Hippokampus ist eine der wenigen Gehirnregionen, in der nach der Geburt noch maßgeblich Nervenzellen gebildet werden (adulte Neurogenese). Um den Hippokampus in die Schaltkreise des Gehirns einzubinden, ist eine ganze Datenautobahn vonnöten: Ein dicker Faserstrang namens Fornix leitet Informationen vom Hippokampus zum basalen Vorderhirn und zu Teilen des Hypothalamus (den Mamillarkörpern) weiter. Diese aus Nervenfasern bestehende Datenautobahn beginnt erst im dritten Lebensjahr seine normale Arbeitsgeschwindigkeit aufzunehmen. Dies erklärt möglicherweise, warum wir vor dem dritten Lebensjahr keine Erinnerungen haben. Es ist also mitnichten eine Alterserscheinung, sondern liegt in der Entwicklung des Gehirns begründet. Voll funktionstüchtig ist die Fornixbahn übrigens erst mit Beginn der Schulzeit, also im Alter von sechs Jahren. Es wäre falsch, aufgrund des oben Beschriebenen zu glauben, dass die einzelnen Gedächtnissysteme isoliert nebeneinander arbeiten. Im Gegenteil: Unser Leben reiht konstant Lernsituationen aneinander, wo alle Gedächtnissysteme ineinander greifen. Ein Musterbeispiel für das komplexe Zusammenspiel der Gedächtnissysteme ist die Sprache: Die Bewegungskoordination der Stimm-, Gesichts- und Atemmuskulatur erfolgt dabei durch das motorische Gedächtnis. Das Faktengedächtnis wird gebraucht, um den Wörtern eine Bedeutung zu geben. Und dem autobiografischen Gedächtnis entstammen alle Details, wenn wir über eine vergangene Lebensepisode sprechen. Das Gedächtnis lässt sich aber nicht

nur nach seinen Inhalten einteilen, sondern auch nach zeitlichen Gesichtspunkten: Man unterscheidet Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis. Ein bestimmter Teil des Kurzzeitgedächtnisses wird heute funktionell als Arbeitsgedächtnis bezeichnet, da seine Leistungsfähigkeit im Alter eingeschränkt ist. Wir benutzen es etwa, um bei komplizierten Rechnungen Zwischensummen abzuspeichern oder um am Ende eines Satzes noch zu wissen, wie er anfang. Dieser Speicher kann nicht mehr als sechs bis acht Elemente gleichzeitig aufnehmen und befindet sich im Wesentlichen im Stirnlappen. Er fungiert in vielerlei Hinsicht als entscheidendes Nadelöhr unser Gedächtnisleistungen, bestimmt das Arbeitsgedächtnis doch, wie lange wir uns auf eine Aufgabe konzentrieren, wie viele Gedankenschritte wir im Voraus planen und wie lange wir konzentriert ein Ziel verfolgen können. Seine Leistungsfähigkeit wirkt sich auf alle Gedächtnisleistungen aus, denn: Je besser man sich konzentrieren kann, je mehr Fakten man im Kopf hin- und her jonglieren kann, umso besser ist die Erinnerungsfähigkeit. Ein wunderbares Training des Arbeitsgedächtnisses ist übrigens Lesen, da man sich mit vergleichsweise großer Anstrengung ca. etwa drei Minuten lang auf eine Seite konzentrieren muss, bevor man umblättert, und dabei Personen, Orte und Zusammenhänge der Geschichte zwischenspeichern muss. Während das Arbeitsgedächtnis in seiner Speicherfähigkeit stark eingeschränkt ist, hat das Langzeitgedächtnis eine fast unerschöpfliche Kapazität. Für autobiographische Erinnerungen und das Faktengedächtnis fungiert der Hippokampus als eine Art Filter, der entscheidet, welche Informationen länger abgespeichert bleiben sollen und welche nicht. Der Speicherort selbst ist allerdings die Großhirnrinde. Was die Menge der Erinnerungen betrifft, die wir abspeichern können, macht die Großhirnrinde ihrem Namen alle Ehre: Es gibt ernst zu nehmende Berechnungen, die darauf hindeuten, dass Menschen in ihrem Langzeitgedächtnis den Speicherinhalt von zwei Millionen CDs (ca. 1,4 Pentabyte) ablegen können. Die Sorge, das eigene Gedächtnis im Alter zu überfordern, ist übrigens unbegründet, zumindest was den Speicherplatz angeht. Im Gegenteil, wer sich viel beibringt, hat es leichter, Assoziationen zu neuem Wissen herzustellen und dieses dann umso sicherer abzuspeichern bzw. umso leichter abzurufen. Er baut sogar kognitive Ressourcen auf, die im Alter noch wichtig werden können: Wer bereits viel weiß, lernt leichter und schneller Neues und ist im Alter besser gewappnet. Aber nicht nur ein älterer Mensch, der viel weiß, kann noch gut lernen. Ein Mensch, egal welchen Alters, der gerne lernt, lernt auch leichter. Denn positive wie negative Gefühle üben einen maßgeblichen Einfluss auf das Gedächtnis aus. Verantwortlich für die Steuerung unseres emotionalen Verhaltens ist das limbische System. Der Name „limbisch“ leitet sich von lateinisch Limbus = Saum ab, da die dazugehörigen Strukturen den Balken (auch Corpus Callosum genannt, eine Datenautobahn zwischen den beiden Großhirnhälften) wie ein Gürtel oder Ring umgeben. Das limbische System gliedert sich in die Amygdala (Mandelkern), den bereits erwähnten Hippocampus (Seepferdchen), Teile des Hypothalamus und die Gyrus cinguli. Wie ein Speichenrad schiebt es – mit dem Zwischenhirn als Radnabe – von innen an die Großhirnrinde heran und kleidet sie so quasi von

innen aus. Das limbische System ist der Filter, den die Informationen für das autobiographische und das Faktengedächtnis passieren müssen. Es ist zugleich die Instanz, die relevante Informationen aussortiert, mit Emotionen versieht und bündelt, bevor diese in weit verteilten Gebieten der Hirnrinde zur Ablagerung kommen.

Diesen Prozess kann man sich ähnlich vorstellen wie die Postverteilung in einem großen Postamt. Die neurobiologische Erkenntnis, dass das limbische System neben seiner Gedächtnisfunktion vor allem an der emotionalen Bewertung von Erlebnissen beteiligt ist, ist noch relativ neu. Lernen, Gedächtnis und Gefühle hängen also hirnanatomisch ganz eng miteinander zusammen. Entsprechend ist eine positive Einstellung dem Lernen gegenüber eine wichtige Voraussetzung dafür, dass das Gelernte auch gespeichert wird. Wer im Alter etwas Neues lernen möchte, sollte dies immer vor Augen haben. Geschieht Lernen unter Zwang und mit Widerwillen statt spielerisch der eigenen Neugierde folgend, speichern wir die Lernsituationen als negativ ab. Dies erschwert nicht nur den Umgang mit neuen Informationen, sondern führt auch dazu, dass neue Informationen in negativ besetzten Situationen schlechter abgespeichert werden. Wie bereits ausgeführt, wirken am autobiographischen und dem Faktengedächtnis vor allem die Schläfenlappenspitze mit dem Hippocampus und die Stirnlappen mit. Daneben ist der linke präfrontale Cortex am Faktengedächtnis beteiligt. Der rechte präfrontale Cortex dagegen ist für das Speichern und Abrufen von autobiographischen Erinnerungen verantwortlich. Für das explizite Gedächtnis sind aber auch tiefer gelegene Strukturen wichtig, etwa das basale Vorderhirn (Nucleus basalis). Der Nucleus basalis ist einer der wichtigsten Kerne in der neuronalen Choreographie der Gedächtnisbildung. Hier liegen Nervenzellen, die als Botenstoff Acetylcholin benutzen und weitläufig in die Großhirnrinde ziehen. Er ist im vorderen Teil des Gehirns gelegen (unterhalb der Großhirnrinde vor dem Thalamus) und entscheidend daran beteiligt, dass positive Assoziationen das Lernen erleichtern. Auch für die Konzentrationsfähigkeit spielt er eine große Rolle, etwa wenn wir über Stunden einem Schweinwerfer gleich unsere Aufmerksamkeit nur auf einen Gegenstand richten und alles andere dabei ausschalten. Fatalerweise ist es ausgerechnet diese für das Gedächtnis so wichtige Region, die bei Alzheimer-Patienten als eine der Ersten geschädigt wird. Das Kleinhirn mit den Basalganglien (große Gehirnareale, die sich unterhalb der vorderen Großhirnrinde befinden) ist hauptsächlich für motorische Lernvorgänge verantwortlich. Die Tatsache, dass verschiedene Gedächtnissysteme in verschiedenen Gehirnareale gebunden sind, die sich unterschiedlich stark entwickelt haben, erklärt auch, warum manche Menschen eine bestimmte Gedächtnisleistung sehr gut beherrschen, in anderen aber – unabhängig vom Alter – ein nicht so ausgeprägtes Leistungsvermögen zeigen. So kommt es, dass manche Menschen sehr gut Bewegungsabläufe lernen oder sehr gut visuelle Zusammenhänge erinnern können, während ihr Namens- oder Zahlengedächtnis nicht so gut funktioniert, da ihr motorischer Cortex sich optimal entwickelt hat,

während der Schläfenlappen suboptimal in die Schaltkreise des Gehirns eingebaut ist. Hier gilt es, den Gehirnstrukturen, die weniger stark ausgebildet sind, durch Übung auf die Sprünge zu helfen. Das ist durchaus realistisch, wie Studien an Musikern bewiesen haben. So ist beispielsweise in den Gehirnen von Geigern und Gitarrenspieler ein vergrößerter Bereich in den Gehirngebiet zu erkennen, die motorische und Tastempfindungen der linken Hand verarbeiten, welche besonders genau greifen muss. Es konnte gezeigt werden, dass dies ein Trainingseffekt ist und nicht eine angeborene Eigenschaft. Trainieren und Üben können bis in das hohe Alter hinein noch zu strukturellen Veränderungen im Gehirn führen. Aber auch bei Dingen, die wir erst als Erwachsene beginnen, zeigen sich nach intensivem Üben Strukturveränderungen: So haben Erwachsene, die alle nicht jonglieren konnten, in einer Studie, die alle nicht jonglieren konnten, das Jonglieren erlernt und die daran beteiligten Gehirnstrukturen haben sich signifikant vergrößert. Ein anderes Beispiel sind Untersuchungen an Medizinstudenten, an denen sich zeigte, dass nach intensivem Faktenlernen zum Physikum, der Hippokampus in seinem Gesamtvolumen zunimmt. Auch das Erlernen von Computerprogrammen im hohen Alter, hatte bei diesen Probanden, die zum ersten Mal den Computer nutzen, positive Wachstumsveränderungen in Hippokampus und Stirnlappen zur Folge. Diese und andere Beispiele belegen, dass fast jede Nervenzelle im Gehirn darauf programmiert ist, zu lernen und sich entsprechend zu verändern. Art und Umfang werden allerdings im Laufe des Lebens modifiziert. Die erfahrungsabhängige Umorganisation von Nervenzellen sowie ganzer Hirnareale bezeichnet man als Neuroplastizität. Diese nimmt zwar im Alter ab, geht aber nicht vollkommen verloren; lediglich die neuronale Kraft der Veränderung lässt nach. Der Begriff Plastizität beschreibt hierbei die Fähigkeit der Nervenzellen, neue Verbindungen zu knüpfen oder zu trennen bzw. bestehende zu stärken oder zu schwächen. Mit anderen Worten: Indem neue Informationen gespeichert werden, formen sich Verbindungen zwischen den Nervenzellen beständig um, und entsprechend verändert sich auch das Gehirn. Bis zu einem gewissen Grad kann Übung also weniger stark ausgebildete Gehirnareale positiv verstärken und manchmal sogar ihre Verarbeitungskapazität steigern. Letzteres setzt allerdings ein intensives Üben voraus, ist aber ein Mechanismus, der die abnehmende Wirkkraft des Gedächtnisses im Alter kompensieren kann.

All diese Ausführungen lüften nun doch am Ende nicht ganz den Schleier der Erinnerungen, aber sie machen begreifbar, welche gehirphysiologischen Mechanismen sie begleiten, hervorbringen und eben manchmal verfälschen.